

# Potencial del banco de semillas y la lluvia de semillas en la restauración natural de la Estación de Monitoreo de Biodiversidad del Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual (Florencia-Caquetá, Colombia)

Cecilia Calderón-Cotacio<sup>1,\*</sup>, Marco Aurelio Correa-Múnera<sup>1</sup>, Jader Muñoz-Ramos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Botánica, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de la Amazonia, Florencia (Caquetá), Colombia.

<sup>2</sup>Grupo de Investigación GIATZ, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de la Amazonia, Florencia (Caquetá), Colombia.

Recibido, 08 de Septiembre de 2008; aceptado 28 de Abril de 2009

## Resumen

En la Estación de Monitoreo de Biodiversidad del Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual de la Universidad de la Amazonia (Florencia-Caquetá, Colombia), se analizó durante los meses Abril a Septiembre de 2008 el banco de semillas y la lluvia de semillas como mecanismos de regeneración natural de seis tipos de cobertura vegetal: bosque intervenido, bosque ripario, rastrojo, borde de bosque, arreglo agroforestal y potrero. Para el estudio del banco de semillas se tomaron cuatro muestras por tipo de cobertura vegetal, cada una conformada por cuatro submuestras, de acuerdo a la profundidad (hojarasca, 0-5 cm, 5-10 cm y 10-15 cm de profundidad). La determinación se hizo por el método directo o de separación física. En total, se registraron 1 148 semillas, pertenecientes a 19 morfoespecies, de las cuales 3 se determinaron hasta familia, 1 hasta género, 12 hasta especie y 3 permanecen indeterminadas. Para la lluvia de semillas se establecieron en cada cobertura vegetal cuatro trampas, con una superficie de recolección de 1 m<sup>2</sup> en total. Entre abril y septiembre se colectaron en total 3 413 semillas. Se encontraron 40 morfoespecies, de las cuales 6 se determinaron hasta familia, 12 hasta género, 14 hasta especies y 8 permanecen indeterminadas. Durante todo el estudio, el potrero no presentó semillas provenientes de una lluvia de semillas.

© 2009 Universidad de la Amazonia. Todos los derechos reservados.

**Palabras clave:** banco de semillas, lluvia de semillas, restauración natural, estación de monitoreo de biodiversidad, Colombia.

## Abstract

At Biodiversity Monitoring Station from the Center for Amazonian Research Macagual of the Universidad de la Amazonia (Florencia-Caquetá, Colombia), a six months (April to September of 2008) analysis of seed-bank and seed-rain data was evaluated as natural regeneration mechanism of six different land-cover types: intervened forest, riparian forest, stubble, forest border, agroforestry arrangement and grassland. For the seed-bank study, 4 composed samples by each land-cover type were collected, each one conformed by four sub-samples, according to depth (litter, 0-5 cm, 5-10 cm and 10-15 cm). Determination was made by direct method or physical separation. A total of 1 148 seeds were registered, belonging to 19 morphospecies, 3 of them determined until family, 1 until genus, 12 until species and 3 until remain undetermined. In the case of seed-rain, 4 traps by each land-cover type were established, each one about 1 m<sup>2</sup> of collection surface area. A total of 3 413 seeds were collected, belonging to 40 morphospecies, 6 of them determined until family, 12 until genus, 14 until species and 8 still remain undetermined. As expected, it was not collected seeds by seed-raining in the grassland during the study.

© 2009 Universidad de la Amazonia. All rights reserved.

**Key words:** seed-bank, seed-rain, natural restoration, biodiversity monitoring station, Colombia.

## Introducción

Las semillas son unidades de diseminación y reproducción sexual de las plantas superiores (Besnier 1989), y desempeñan una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, la regeneración de los bosques y la sucesión

ecológica (Vázquez *et al.* 1997).

La lluvia de semillas es el conjunto de semillas que llegan a un determinado lugar luego de haber sido dispersadas, sin importar el medio de transporte o agente dispersor (Vargas *et al.* 2006).

La dispersión es el mecanismo por medio del cual las semillas de una planta llegan a un sitio adecuado para germinar y establecer nuevos

\*Autor para correspondencia. E-mail: [cxjafe@hotmail.com](mailto:cxjafe@hotmail.com)

individuos. El suelo es el entorno al que habitualmente llegan las semillas al final de la dispersión y donde se encuentran sometidas a una serie de factores ambientales fluctuantes que determinan su germinación, su supervivencia en letargo o su muerte (Besnier 1989). Como consecuencia de la latencia, en el suelo se acumula gran cantidad de semillas. A esta acumulación se le denomina banco de semillas, población que por lo general está dominada por las semillas de unas pocas especies de árboles y arbustos pioneros en estado de latencia fisiológica (Dalling 2000), que quedan almacenadas por periodos de tiempo que varían desde días hasta años, o incluso siglos (Vargas *et al.* 2006).

La distribución vertical del banco de semillas no alcanza grandes profundidades, la mayoría queda en la superficie hasta los primeros cinco centímetros de profundidad (Thompson & Grima 1979, Moreno 1996). A partir de ahí la población disminuye fuertemente y la profundidad máxima que puede alcanzar depende de las características del suelo y de la cobertura vegetal. Las profundidades superiores a los cinco centímetros se alcanzan de diversas maneras. Las semillas pequeñas son arrastradas por el agua lluvia, especialmente en los suelos sueltos y porosos. También pasan a través de los túneles abiertos por lombrices de tierra, por los huecos dejados por las raíces descompuestas, por grietas abiertas en los ciclos de humectación y desecación en los suelos arcillosos y limosos. La profundidad máxima alcanza los 30–35 cm, sin embargo, gran parte de estas semillas no logran germinar y terminan por perder su vitalidad (Besnier 1989).

El banco de semillas (BS) se clasifica según su forma. Los BS transitorios son aquellos en donde

las semillas se forman y dispersan y quedan almacenadas en el horizonte superficial (5 cm) del suelo durante unos meses a un año y germinan en forma masiva cuando existen las condiciones adecuadas. Los BS persistentes ocurren cuando las semillas perduran por varios años (incluso generaciones) en horizontes profundos (> 5 cm) del suelo (Thompson & Grima 1979, Moreno 1996).

El banco y la lluvia de semillas son el principal mecanismo de regeneración natural que actúa en la sucesión ecológica, y de su composición de especies depende en gran parte el desarrollo de la vegetación; la baja proporción de propágulos o de semillas de especies del bosque es el principal limitante que enfrenta la recuperación de un determinado sitio (Vargas *et al.* 2007).

Se realizó la caracterización del banco y la lluvia de semillas para identificar las especies pioneras del bosque y evaluar la capacidad de restauración natural de los seis tipos de cobertura vegetal de la Estación de Monitoreo de Biodiversidad del Centro de Investigación Macagual de la Universidad de la Amazonia (Florencia-Caquetá, Colombia).

## Materiales y Métodos

### Descripción del área de estudio

El estudio se hizo en la Estación de Monitoreo de Biodiversidad del Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual (CIMA), localizada en la Vereda la Viciosa, alrededor de 20 km de la ciudad de Florencia (Caquetá), Colombia (Figura 1).

La estación se encuentra en las coordenadas geográficas 1° 37' Latitud N y 75° 36' Longitud W,

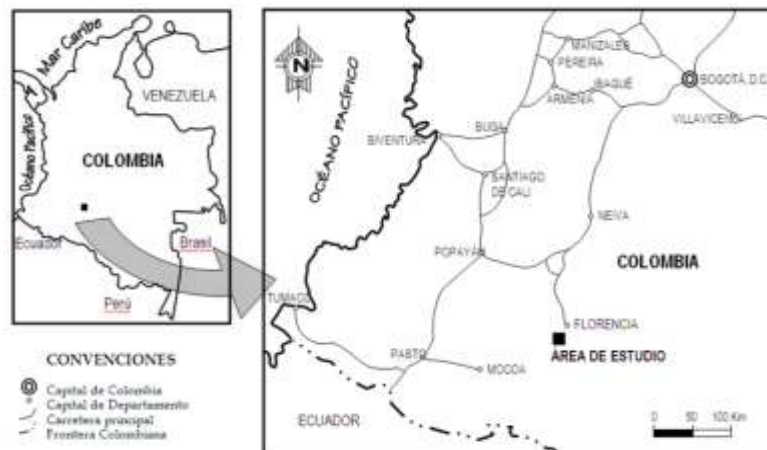


Figura 1. Localización de la Estación de Monitoreo de Biodiversidad del Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual.

a una altura de 250 *msnm*. Hace parte de un bosque húmedo tropical con una temperatura 25,5 °C, en promedio, una humedad relativa promedio de 84,25 %, una precipitación promedio alrededor de 3 600 *mm.año<sup>-1</sup>*, con mayor precipitación entre abril y julio, y radiación solar promedio de 1 707 *h.año<sup>-1</sup>* (Malagón *et al.* 1993, Maya 2002)

El suelo corresponde a un ultisol del lomerío amazónico, de relieve ondulado y fuertemente ondulado con pendientes hasta del 25%. En general, es bien drenado, con baja fertilidad y alta saturación de aluminio en su fase mineral (Zuluga & Escobar 2001a).

La Estación de Monitoreo de Biodiversidad comprende un área de 1 *ha* (500 *m* x 20 *m*) que, a su vez, está subdividida en 10 sub-parcelas de 0,1 *ha* (50 *m* x 20 *m*). Se caracteriza por presentar cinco tipos de cobertura vegetal: bosque intervenido, borde de bosque, bosque ripario, rastrojo y arreglo agroforestal. Cada tipo de vegetación está representada por dos sub-parcelas de 0,1 *ha*.

La evaluación del banco de semillas, la lluvia semillas y el suelo se realizó en cada una de las coberturas vegetales. Asimismo, se estableció una parcela de 0,1 *ha* de potrero enrastrado como control.

#### *Banco de semillas*

Para el estudio de banco de semillas se hizo un solo muestreo durante los seis meses. En cada tipo de vegetación fueron colectadas cuatro muestras, conformadas por cuatro sub-muestras (hojarasca, 0-5, 5-10 y 10-15 *cm* de profundidad), colectadas por medio de un cilindro de 7,8 *cm* de diámetro por 5 *cm* de altura (239 *cm<sup>3</sup>*), para un volumen total de 956 *cm<sup>3</sup>* por unidad muestral.

El suelo extraído fue depositado en una bolsa de cierre hermético y se transportó al Herbario de la Universidad de la Amazonia (HUAZ), donde se dejaron secar a temperatura ambiente para extraer luego las semillas por el método directo o de separación física.

#### *Lluvia de semillas*

En cada tipo de cobertura vegetal se ubicaron aleatoriamente cuatro trampas rectangulares de fibra de costal de 1 *m<sup>2</sup>*, sostenida a 10 *cm* de la altura del suelo por cuatro tubos de plástico (Figura 2). Las semillas se colectaron cada 15 días, fueron empacadas en bolsas de papel y se llevaron al HUAZ.



Figura 2. Fotografía de trampas para lluvia de semillas (a) y semillas colectadas (b) en la Estación Permanente de Monitoreo de biodiversidad.

En el laboratorio, las muestras del banco y lluvia de semillas fueron separadas por morfotipos, se registró la cantidad de semillas por cobertura vegetal y, hasta donde fue posible, se identificaron hasta el nivel de familia, género o especie.

Las semillas fueron sembradas posteriormente en bandejas de plástico, sobre un sustrato de 3 *cm* de arena y de tierra, previamente esterilizado. Estas bandejas se llevaron al vivero junto a bandejas control que contenían suelo esterilizado para detectar la lluvia de semillas exógena.

Adicionalmente, se colectaron ejemplares botánicos en cada tipo de vegetación. Estas muestras fueron prensadas en papel periódico, empacadas en bolsas plásticas con alcohol al 70 % y transportadas al HUAZ. A las plantas fértiles se les extrajo las semillas y se depositaron en recipientes transparentes, cada uno etiquetado con la clasificación taxonómica, lugar de recolección y serie, lo cual facilitó la identificación de las semillas durante el muestreo. Las plantas y semillas fueron depositadas en el HUAZ bajo normas internacionales.

#### *Determinación de las Especies*

La identificación morfológica y taxonómica de los

ejemplares fue realizada con ayuda de las claves taxonómicas de Gentry (1996), Ribeiro *et al.* (1999) y Mendoza & Ramírez (2006), entre otras, además de la comparación contra la carpoteca (colección de referencia de ejemplares botánicos) del HUAZ y la colaboración del Biólogo Marco Aurelio Correa.

#### Suelo

**Análisis químico.** Para análisis químico se colectó por cada tipo de vegetación una muestra compuesta, cada una conformada por cuatro sub-muestras de suelo. Luego de limpiar la cobertura vegetal, se procedió a hacer un corte en el terreno en forma de "V", de alrededor de 20 cm de profundidad, con ayuda de una pala. De una de las caras del corte se extrajo una rebanada de suelo del tamaño de la pala y aproximadamente 2 cm de espesor, que fue después subdividida longitudinalmente en tres porciones. Las dos porciones laterales fueron descartadas y la porción central se llevó a un recipiente plástico, en donde se mezcló con las otras tres sub-muestras. De la mezcla se tomó una muestra de alrededor de 1 kg, que se depositó en una bolsa plástica, se rotuló y se llevó al laboratorio de química de la Universidad de la Amazonia.

La determinación de *pH* y conductividad eléctrica (*CE*) se hizo de acuerdo con el método potenciométrico en relación suelo-agua 1:1 presentado en Lutters & Salazar (2000). La determinación del carbono orgánico (% *CO*) y conversión posterior a porcentaje de materia orgánica (% *MO*) se realizó con el método de Walkley-Black, presentado en Rodríguez & Rodríguez (2002):

$$\% CO = \frac{(ml_{\text{dicromato de potasio}} - ml_{\text{sulfato ferroso}}) * 100 * 0,003}{\text{Peso de la muestra}}$$

$$\% MO = \% CO * 1,724$$

El Nitrógeno total (%  $N_{\text{total}}$ ) se determinó con el método Kjeldahl presentado en Rodríguez & Rodríguez (2002):

$$\% N_{\text{total}} = \frac{ml_{\text{HCl } 0,1 N \text{ gastados}} * 0,0014 * 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

**Análisis físico.** Se analizó humedad y densidad aparente de las muestras de suelos. Para

determinar el porcentaje de humedad (% *H*) se tomaron 100-400 g de suelo de la muestra mezclada, la cual se depositó en una bolsa de papel kraft y se llevó al laboratorio, en donde se calculó, según metodología presentada por Rivera *et al.* (2007):

$$\% H = \frac{\text{Peso húmedo}_g - \text{Peso seco}_g * 100}{\text{Peso seco}_g}$$

En el caso de la determinación de la densidad aparente (*DA*), se tomaron muestras con un cilindro de acero de volumen conocido (de 5 cm de diámetro por 5 cm de alto) que se clavó en el suelo. Luego de extraer el cilindro, se removió el exceso de suelo con un cuchillo y se empacó en una bolsa con cierre hermético. Las muestras fueron transportadas al HUAZ, en donde se hicieron los análisis según la metodología de Rivera *et al.* (2007), así:

$$DA_{g.cm^{-3}} = \frac{\text{Peso constante del suelo}_g}{\text{Volumen del cilindro}_{cm^3}}$$

#### Análisis de datos

Con la información obtenida del banco de semillas se evaluó la composición, densidad (*semillas.m<sup>-3</sup>*), abundancia (número total de semillas), riqueza (número total de especies), según metodologías de Vargas *et al.* (2007).

Para la lluvia de semillas se analizó la composición, densidad, riqueza y abundancia por cada cobertura vegetal. Se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener, de riqueza de Margalef y de similitud de Jaccard (Villareal *et al.* 2004) entre vegetación por cada mes y se realizó un análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis para establecer diferencias entre los muestreos

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa XLSTAT versión 2008.

#### Resultados y Discusión

##### Composición del banco de semillas

El banco de semillas presentó en total 1 148 semillas, pertenecientes a 10 morfoespecies. 3 de estas se determinaron hasta familia, 1 hasta género, 3 hasta especie y 3 permanecen indeterminadas (Anexo 1).

La abundancia de semillas por cobertura vegetal, en orden descendiente es: (i) agroforestal,

con 651 semillas, (ii) borde de bosque, con 420 semillas, todas pertenecientes a la especie *H. cf sylvestis*, (iii) potrero, con 36 semillas de la morfoespecie 12, (iv) bosque ripario, con 27 semillas de la Familia Menispermaceae, la especie *H. cf sylvestis* y la morfoespecie 10, (v) bosque intervenido, con once semillas de la familia Burseraceae y Monimiaceae, el género *Licaria*, la especie *Dialium guianense* y *Erythrina poeppigiana* y la morfoespecie 11, y (vi) rastrojo, con 3 semillas de la especie *H. cf sylvestis*. La especie mejor representada por su número semillas es la *H. cf sylvestis* con 95,2 % del total de semillas.

En los primeros 5 cm del suelo se almacenó la mayor abundancia de semillas y, según la clasificación de Thompson & Grima (1979) y Moreno (1996), es un banco de semillas transitorio. La presencia de semillas disminuye fuertemente de 5-10 cm y tiende a desaparecer de 10-15 cm de profundidad (Tabla 1). Por lo tanto, la parcela de monitoreo de biodiversidad tiene un banco de semillas superficial, que germina en forma masiva cuando existen las condiciones adecuadas.

Tabla 1. Abundancia y riqueza de la estructura vertical del banco de semillas en la Estación de Monitoreo de Biodiversidad del Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual.

	Profundidad			
	Hojarasca	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm
Abundancia	92	841	203	12
Riqueza	6	5	6	2

La presencia de semillas en el horizonte más profundo del suelo se puede explicar por dos razones: (i) las semillas se depositaron hace varios años, o (ii) se desplazaron verticalmente por acción del agua, animales o la lombriz de tierra (Besnier 1989), las cuales forman un banco de semillas persistente (Thompson & Grima 1979, Moreno 1996), con poca probabilidad de incidir en la regeneración vegetal (Garwood 1989), porque gran parte de estas semillas no logran germinar y terminan por perder su vitalidad (Besnier 1989).

En general, las semillas pequeñas están en los horizontes más profundos, donde pueden entrar y deslizarse más fácilmente en el suelo (Vázquez et al. 1997). Las semillas y frutos depositados en la hojarasca son muy grandes (de 2-2,2 cm a 1-0,9 cm) en comparación con las encontradas en el suelo. Las semillas almacenadas en el suelo tienen un

tamaño de 0,6-0,4 mm a 0,15-0,1 mm.

Las semillas de tamaño pequeño son las que forman bancos de semillas persistentes en el suelo (Moreno 1996). El banco de semillas está dominado por la especie *H. cf sylvestis*, árbol cuyas semillas son muy pequeñas (0,15-0,1 mm), lo cual facilita su presencia y distribución vertical en el suelo.

En la zona de estudio, el bosque ha sido talado con fines agropecuarios. Como consecuencia, el banco de semillas ha sufrido transformación en cuanto a la composición y abundancia de las especies (Posada & Cárdenas 1999) que afecta la riqueza, la cual está limitada a pocas especies (Tabla 1). La riqueza es mayor donde hay más abundancia de semillas (desde la hojarasca hasta los 10 cm de profundidad) y disminuye en profundidad.

El potencial de restauración natural mediante el banco de semillas en los seis tipos de vegetación fue bajo, porque está dominado por semillas muy pequeñas, que presentan un riesgo alto de morir al momento de germinar (Vázquez et al. 1997). La abundancia y la riqueza de las especies arbóreas es baja y la escasez de semillas es el mayor limitante en el proceso de regeneración natural (Vargas et al. 2007), el cual dependerá posiblemente de la lluvia de semillas.

#### Composición de la lluvia de semillas

En total, en el bosque intervenido, bosque ripario, rastrojo, borde de bosque y arreglo agroforestal se colectaron 3 413 semillas de 40 morfoespecies. De estas, 6 se determinaron al nivel de familia, 12 hasta género, 14 hasta especies y 8 permanecen indeterminadas (Anexo 2). Durante todo el estudio no se colectaron semillas por lluvia de semillas en el potrero.

Las familias con mayor número de especies fueron: Fabaceae (9) y Rubiaceae (3), Arecaceae, Clusiaceae, Lauraceae, Monimiaceae, y Melastomataceae, con dos especies cada una.

Las familias con menor número de especies son: Annonaceae, Lorantaceae, Malpighiaceae, Mendociceae, Moraceae, Myrtaceae, Olacaceae, Passifloraceae, Solanaceae, Violaceae, Morfoespecie 1, Morfoespecie 2, Morfoespecie 3, Morfoespecie 4, Morfoespecie 5, Morfoespecie 6, Morfoespecie 7 y Morfoespecie 8, con una especie, respectivamente. La especie dominante, por presentar mayor número de semillas, fue la *H. cf sylvestis*, la cual aportó el 56 % del total de las

semillas recogidas.

La lluvia de semillas en todos los tipos de vegetación fue el reflejo de la composición florística y, en general, está dominada por especies arbóreas de aporte endógeno o local.

En un estudio realizado en un bosque tropical secundario y en plantaciones de urapán se encontró que la composición difiere entre los dos hábitats y solo 7 de las 20 especies más abundantes son comunes para ambos; la especie más abundante en ambos hábitats fue la *Cecropia* sp., que representó el 47% para el bosque y el 24% para las plantaciones. Estos datos sugirieron que, a pesar de la cercanía, hay diferencias en la composición y estructura y, por lo tanto, el potencial de regeneración es diferente en cada sitio (Murcia & Quintero 2002).

Pero en las colectas hechas se encontró que, de las cinco especies más abundantes, ninguna está en los cinco tipos de vegetación. La especie más abundante (la *H. cf sylvestris*), que representa el 56% del total de las especies colectadas, está presente en el arreglo agroforestal, borde de bosque y el rastrojo. Su abundancia se le atribuye al tamaño de la semilla y el hecho de que cada fruto proporcione entre 40-69 semillas.

El bajo número de especies encontrado se atribuye principalmente al hecho de que hace unos años el CIMA estaba dedicado principalmente al cultivo del caucho y árboles frutales amazónicos, lo cual limita la disponibilidad de semillas.

La *Ocotea immersa* es la única especie que está en toda la zona de estudio, con mayor presencia en el borde de bosque, pero su abundancia es reducida al compararla contra la *H. cf sylvestris*.

Aunque el borde de bosque tiene la mayor abundancia y densidad de semillas (Tabla 2), debido al aporte del 73% de la *H. cf sylvestris*, cada tipo de vegetación presenta, al menos, una especie dominante. En el arreglo agroforestal, el 48% corresponde al *Solanum grandifolium* y el 34% a *H. cf sylvestris*. Las dos especies más representativas del rastrojo son *H. cf sylvestris*, con el 47%, y *Palicourea lasiantha*, con el 30%. En el bosque intervenido, el *Unonopsis* sp. tuvo 69% y en el

bosque ripario la *Bocageopsis multiflora* ocupó el 52%.

En la prueba de Kruskal-wallis no se encontraron diferencias significativas entre las lluvias de semillas de los cinco tipos de cobertura vegetal de la parcela de monitoreo biodiversidad. Este resultado se atribuye al hecho de ser un bosque con diferentes grados de intervención pero con composición similar de especies.

De acuerdo con los índices de Shannon-Wiener y Margalef, en el mes de abril el bosque ripario tiene mayor diversidad ( $H' = 1,94$ ) y riqueza ( $D = 2,60$ ). Esto se debe a tres razones: (i) en abril hay mayor incidencia de semillas, (ii) aunque podría considerarse que la abundancia es baja en abril, en realidad, es la más alta de los siguientes cinco meses, y (iii) las parcelas de bosque ripario y bosque intervenido tienen menor presión antrópica.

En el análisis de similitud se evidenciaron cuatro grupos (Figura 3). El primer grupo presentó el 100% de similitud entre el borde de bosque en septiembre y el rastrojo en agosto. El segundo grupo estaba conformado por el rastrojo en mayo y agosto, con un 68 % de similitud. El tercer grupo lo conformaron el bosque intervenido en septiembre, el borde de bosque en agosto y el agroforestal en junio y julio, con una similitud del 50 %. El cuarto grupo tuvo el 40 % de similitud y lo conformaron el bosque ripario en mayo y julio y el bosque intervenido en junio y julio.

De acuerdo con los análisis pluviométricos promedio de Malagón *et al.* (1993), el mes más lluvioso en la región es abril. Sin embargo, el mayor promedio de lluvia durante el estudio en la Estación de Monitoreo se obtuvo en el mes de mayo (Figura 4). Al comparar la pluviometría contra el número de semillas colectadas, no se encontró una correlación o tendencia bien definida.

La lluvia de semillas son prácticamente la única fuente de semillas con que cuenta la restauración natural. Pero la ausencia o baja frecuencia de propágulos (Vargas *et al.* 2007) es una limitante que vuelve el potrero enrastrojado con un bajo potencial de restauración natural.

Tabla 2. Abundancia y riqueza en los cinco tipos de cobertura vegetal estudiados en la Estación de Monitoreo de Biodiversidad del Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual.

	Bosque intervenido	Bosque Ripario	Rastrojo	Borde de bosque	Arreglo agroforestal
Abundancia	202	96	445	2 041	629
Densidad	50,5	24	111,25	510,25	157,25
Riqueza	14	17	11	14	9

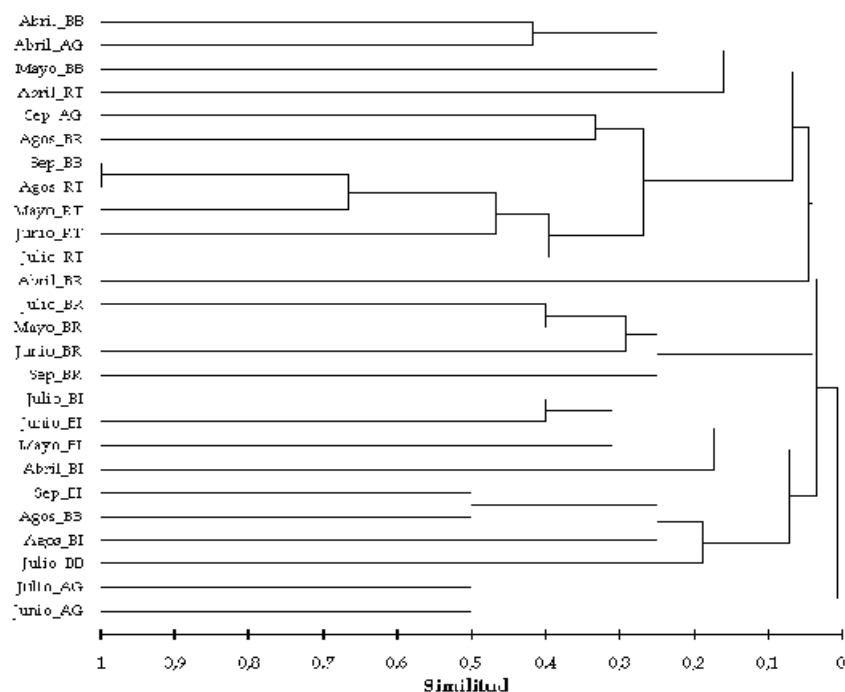


Figura 3. Análisis de similitud (Jaccard) de la lluvia de semillas durante seis meses en cinco tipos de vegetación de la Estación de Monitoreo de Biodiversidad del Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual. BI: bosque intervenido, BR: bosque ripario, RT: rastrojo, BB: borde de bosque, y AG: arreglo agroforestal.

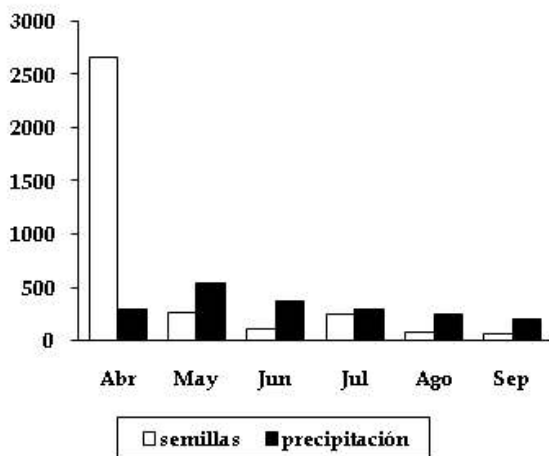


Figura 4. Comparación gráfica entre la precipitación y el número de semillas en la Estación de Monitoreo de Biodiversidad del Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual.

En general, la lluvia de semilla presenta un alto potencial de restauración natural en bosque intervenido, bosque ripario, rastrojo, borde de bosque y arreglo agroforestal, debido a que están conformados principalmente por especies arbóreas. La cobertura vegetal con mayor capacidad de restauración natural es el borde de bosque por ser la mas abundante en cuanto al

número de semillas (2 041). La capacidad de restauración es diferente en cada cobertura vegetal debido a la abundancia: entre más disponibilidad de semillas o propágulos haya en un sitio determinado, habrá más posibilidades de restaurarse.

*H. sylvestris* (Melastomataceae) fue la especie más abundante, tanto en el banco como en la lluvia de semillas, por presentar una alta producción de frutos con gran cantidad de semillas de tamaño pequeño y por la caída directa de frutos y semillas desde los árboles (Armesto et al. 2001).

#### Germinación del banco y lluvia de semillas

Se colectaron en total 4 561 semillas entre el banco y la lluvia de semillas. Todas fueron sembradas en un sustrato esterilizado de arena y tierra, pero solo germinaron el 3,8 % (175 semillas). Las especies con mayor germinación fueron: *Psidium guajava* (80 semillas), *Solanum grandifolium* (71 semillas) y *Passiflora cf suberosa* (10 semillas).

La menor germinación se obtuvo en *Erythrina poeppigiana* (3 semillas), *Inga* sp1 y morfoespecie 8 (2 semillas cada una) y las especies *Bauhinia* sp1, *Bauhinia* sp2, *Inga* sp2, *Bactris* sp, *ciparuna* sp y



*Licaria* sp, cada una con una sola semilla germinada. El bajo porcentaje de germinación de las semillas se atribuyó a tres factores posibles: (i) las semillas no estuvieron expuestas a las mismas condiciones climáticas, (agua, temperatura apropiada, provisión de oxígeno y luz), (ii) las semillas estaban en periodo de latencia (Hartmann & Kester 1972, Dalling 2000), y (iii) el sustrato de suelo estéril dificultó la emergencia de las semillas por no tener la disponibilidad esencial de nutrientes para la germinación.

#### Análisis de suelo

Estudios previos en el CIMA han reportado el pH entre 4,4 – 4,8 (Maldonado & Velásquez 1994, Peters *et al.* 2000), pero la acidez encontrada en los suelos de los seis tipos de vegetación en la Estación de Monitoreo de Biodiversidad fue extremadamente ácida, según la clasificación de Ortega (1994), con valores de  $pH < 4,5$  (Tabla 3). Esto se debió a la alta precipitación durante los seis meses del estudio (1 924 mm). La acidez alta incide en el proceso de lixiviación, al remover gradualmente las sales solubles y con mayor velocidad los minerales solubles y las bases cambiables (Tamhane *et al.* 1979, Cepeda 1991). El resultado es el descenso en la fertilidad y baja disponibilidad de nutrientes para el desarrollo de las plantas.

Tabla 3. Resultados de los análisis físicos y químicos de suelo a 20 cm de profundidad en la Estación de Monitoreo de Biodiversidad del Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual. DA: densidad aparente, CE: conductividad eléctrica, H: humedad, N: nitrógeno, MO: materia orgánica.

Suelo	pH	DA ( $g.m^{-3}$ )	CE ( $ds.m^{-3}$ )	H (%)	N (%)	MO (%)
Arreglo agroforestal	3,9	1,7	1,5	35	0,21	4,7
Bosque intervenido	3,9	1,6	1,4	37	0,14	3,5
Bosque ripario	3,8	1,5	1,5	30	0,14	3,1
Borde de bosque	4,0	1,7	1,3	31	0,15	4,1
Potrero	4,2	1,7	1,3	30	0,14	3,3
Rastrojo	4,0	1,7	1,3	31	0,17	3,3

Según Pinzón & Amézquita (1991), la DA en suelos de lomerío del CIMA sometidos a pastoreo varía entre 0,97-1,5  $g.cm^{-3}$  y en la zona de bosque natural es variable entre 0,79-1,08  $g.cm^{-3}$ . Esos valores fueron menores a los encontrados en la Estación de Monitoreo de Biodiversidad (Tabla 3), hecho atribuido a la compactación del suelo por

escorrentía y erosión hídrica, tal como lo planteó Escobar (2001). Estas condiciones causan dificultades para la emergencia, el enraizamiento y circulación del agua y el aire (Porta *et al.* 1994).

La CE encontrada la Estación de Monitoreo de Biodiversidad fue  $< 2 ds.m^{-3}$ , correspondiente a un suelo normal no salino, según Ortega (1994). Resultados similares fueron reportados por Zuluga & Escobar (2001b), lo que indica que no ha cambiado el estado la salinidad del suelo. No obstante, las sales solubles no se encuentran en cantidades suficientes como para afectar la germinación normal de las semillas, el crecimiento de las plantas o la absorción de agua por parte de las mismas (Porta *et al.* 1994, Malagon *et al.* 1995).

De acuerdo con Pinzón & Amézquita (1991), la H en el CIMA varía entre 20–30 %. Pero en la Estación de Monitoreo de Biodiversidad se encontraron valores mayores de H, con el mayor valor para el bosque intervenido, los cuales son considerados altos a muy altos en la clasificación Montenegro & Malagon (1990). Estos resultados se atribuyeron a la capa de hojarasca o mantillo, que actúa como conservador de la humedad, y a la alta precipitación de la zona, que hace aumentar la humedad (Zuluga & Escobar 2001a, Escobar 2001). La humedad permite que la materia orgánica sea fácilmente biodegradable y el exceso de agua del suelo favorece la lixiviación de sales y de algunos otros compuestos (Topp 1993).

Según la clasificación de Ortega (2004), el porcentaje de MO encontrado en el bosque intervenido, bosque ripario, rastrojo, borde de bosque, arreglo agroforestal y potrero, se encuentran en un rango medio. Estos resultados difieren a los reportes de Malagón *et al.* (1995), en donde se encontraron bajos contenidos de MO para los suelos de lomerío de la Amazonia (entre 1–1,5%), y los trabajos de Maldonado & Velásquez (1994), Peters *et al.* (2000), Escobar *et al.* (2001), quienes reportaron valores de MO de 3,0 %, 3,7 % y  $< 3$  %, respectivamente.

El incremento encontrado de MO se atribuyó al establecimiento de cultivos en callejones y cultivos intercalados en líneas, utilizados por Corpoica antes de entregar el predio a la Universidad de la Amazonia con el objetivo de producir abono verde para la cobertura del suelo y contribuir a su protección y suministro de nutrientes (Zuluga & Escobar 2001a).

En general, se encontró deficiencia de N; solo el arreglo agroforestal tuvo un porcentaje medio, de



acuerdo con la clasificación de Ortega (1994). La baja disponibilidad de *N* en el suelo se consideró debida a la lixiviación y la baja velocidad de descomposición de la *MO* (Zuluaga & Escobar 2001a).

## Conclusiones

El banco de semillas de la Estación de Monitoreo de biodiversidad del CIMA está limitado a unas pocas especies arbóreas. Las semillas de mayor tamaño quedan depositadas en la hojarasca o mantillo y las más pequeñas se desplazan fácilmente hacia los horizontes más profundos del suelo.

El potencial del banco de semillas en el bosque intervenido, borde de bosque, bosque ripario, rastrojo, arreglo agroforestal y potrero fue bajo, debido a la ausencia de semillas.

La lluvia de semillas presentó un alto potencial de restauración natural en el bosque intervenido, bosque ripario, rastrojo, borde de bosque y arreglo agroforestal, porque están conformados por especies arbóreas.

La especie más abundante en el banco y la lluvia de semillas fue la *H. cf silvestris*, con el 73 % y 56 % respectivamente, lo cual la convierte en la principal especie pionera para la restauración natural de la Estación de Monitoreo de biodiversidad del CIMA.

Las demás especies pioneras de la lluvia de semillas, que contribuyen a la restauración natural de la Estación de Monitoreo de biodiversidad del CIMA son: *Bocageopsis multiflora*, *Solanum grandifolium*, *Palicourea lisiantha*, y *Unonopsis* sp.

Las altas precipitaciones, unidas a la acidez extrema del suelo del área de estudio, causan lixiviación de nutrientes y, por ende, baja fertilidad de los suelos. En estas condiciones, la vegetación debe reciclar nutrientes a partir de la descomposición de los restos orgánicos que llegan al suelo.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar un sincero agradecimiento al personal del Herbario HUAZ y a los profesores Hernán García y Alberto Fajardo, por su colaboración durante la fase de clasificación taxonómica y laboratorio. Al profesor Alexander Velásquez, por su apoyo, consejos y críticas constructivas. A los

compañeros y amigos Juan Guillermo, Pilar, Edher, Norma y María, por su colaboración en la fase de campo.

## Literatura Citada

- Armesto, J. J. & S. Pickett. 1985. Experiments on disturbance in old-field plant communities: impact on species richness and abundance. *Ecology*, 66(1):230-240.
- Besnier, F. 1989. Semillas: Biología y tecnología. Editorial Mundi-Prensa. Madrid.
- Dalling, J. 2000. Ecología de semillas. En: Guariguata, R. & G. Kattan. (eds.). *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. Editorial LUR. Cartago, Costa Rica. pp:345-375.
- Castro, Y. 2008. Planificación y evaluación de los recursos de la tierra de la Granja de Macagual para determinar alternativas de usos más sostenibles (Levantamiento Topográfico con GPS). Trabajo de grado. Programa de Ingeniería Agroecológica. Facultad de Ingeniería. Universidad de la Amazonia. Florencia (Caquetá, Colombia).
- Cepeda, J. 1991. Química de suelos. Editorial Trillas S. A. México, D.F.
- Escobar-Acevedo, C. J. 2001. Aspectos de los suelos del departamento de Caquetá que afectan el desarrollo de algunas especies promisorias de la Amazonia. En: S. Rojas. (ed.). *Especies promisorias de la Amazonia*. Conservación, manejo y utilización del germoplasma. Bogotá, D. C. pp: 267-272.
- Escobar-Acevedo, C. J., J. J. Zuluaga-P, A. J. Gutiérrez-V & E. Rivera-D. 2001. Investigación en sistemas estratificados en suelos de vega (Kc) para la sostenibilidad de los agroecosistemas con especies promisorias, en el piedemonte de Caquetá, Colombia. En: S. Rojas. (ed.). *Especies promisorias de la Amazonia*. Conservación, manejo y utilización del germoplasma. Bogotá, D. C.
- Gentry, A. 1993. A field guide to the families and genera of woody plants of northwest south America (Colombia, Ecuador, Perú), with supplementary notes on herbaceous taxa. The University of Chicago press. Chicago.
- Garwood, N. C. 1989. Tropical soil seed banks: a review. En: M. A. Leck, V. T. Parker & R. L. Simpson (eds.). *Ecology of soil seed banks*. Academic Press. USA. pp: 149-209
- Hartmann, H. & D. Kester. 1988. Propagación de Plantas. Compañía Editorial Continental, S.A. México D. F.
- Howe, N. F. & J. Smallwood. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of ecology and systematics*, 13:210-228.
- Luters, A. & J. C. Salazar. 2000. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Área de cartografía de suelos y evaluación de tierras. Instituto de Suelos CRN-CNIA-INTA. Argentina.
- Macagual. 2008. Datos meteorológicos del centro de investigación Macagual. Florencia, Caquetá.
- Malagón, D; D. Diazgranados, J. G. Saldarriaga & U. Rinaudo. 1993. Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del Occidente del Departamento de Caquetá. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Santafé de Bogotá.
- Malagón, D; C. Pulido, D. Llinas & C. Chamorro. 1995. Suelos de Colombia. Origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Santafé de Bogotá, D. C.
- Maldonado, G. & J. Velásquez. 1994. Determinación de la capacidad de carga y la ganancia de peso de bovinos en pastoreo de gramíneas nativas en el Piedemonte Amazónico de Colombia. *Pasturas tropicales*, 16(2):2-18.

- Maya, I. 2002. Macagual: investigación agroforestal y desarrollo tecnológico para el área intervenida de la Amazonía Colombiana. Revista innovación y cambio tecnológico, 2(3):46-48.
- Mendoza H. & Ramírez B. 2006. Guía ilustrada de géneros Melastomataceae y Memecylaceae de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt / Universidad del Cauca. Bogotá D. C.
- Montenegro, H. & D. Malagon. 1990. Propiedades físicas de los suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Santafé de Bogotá, D. C.
- Moreno, P. 1996. Vida y obra de granos y semillas. Editorial educación e investigación científica de la SEP y del consejo nacional de ciencia y tecnología. México, D. F.
- Murcia, C. & E. M. Quintero. 2002. Lluvia de semillas en plantaciones de Urapán (*Fraxinus chinensis* Roxb) y bosque secundario de la misma edad. En: J. O. Rangel., J. Aguirre & M. G. Andrede (ed.). Resúmenes VII congreso Latino Americano de botánica y segundo congreso Colombiano de botánica. Instituto de ciencias naturales, Universidad nacional de Colombia, Bogotá, pp: 257
- Ortega, D. F. 1994. Consideraciones generales para interpretar análisis químicos de suelos. IGAC. Bogotá, D. C.
- Posada, C. & C. Cárdenas. 1999. Ecología de los bancos de semillas en una comunidad vegetal de páramo sometida a disturbios por quema y pastoreo. Departamento de biología. Universidad nacional de Colombia. Santafé de Bogotá, D. C.
- Porta, J; M. Lopez & C. Roquero. 1994. Edafología: para la agricultura y el medio ambiente. Editorial Mundi-Prensa. España.
- Peters, M., B. L. Maass, L. H. Franco & A. E. Cárdenas. 2000. Evaluación del germoplasma nuevo de *Arachis pintoi* en Colombia. 3. Bosque muy húmedo tropical – Piedemonte amazónico, Caquetá. Pasturas tropicales, 2(2):2-28.
- Pinzón, A. & E. Amézquita. 1991. Compactación de suelos por pisoteo de animales en pastoreo en El piedemonte amazónico de Colombia. Pasturas tropicales, 13(2):21-26.
- Ribeiro, J., M. Hopkins, A. Vicentini, C. Sothers, M. Costa, J. Brito, M. Souza, L. Martins, L. Lohmann, P. Aussunção, E. Pereira, C. Silva, M. Mesquita & L. Procópio. 1999. Flora da Reserva Ducke. Guia de Identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra firme na Amazônia Central. INPA-DFID. Manaus.
- Rivera, M. L., M. Goyal, & R. M. Crespo. 2007. Métodos para medir la humedad del suelo. En: R. M. Goyal & V. H. Ramirez. (eds.). 2007. Manejo de Riego por Goteo. 2ª edición. Universidad de Puerto Rico Recinto de Mayagüez. Universidad de Santa Rosa de Cabal- Risaralda-Colombia. Puerto Rico-EEUA. pp: 54-55
- Rodríguez, H. & J. Rodríguez. 2002. Métodos de análisis de suelo y plantas: Criterios de interpretación. Editorial Trillas S. A. México, D. C.
- Tamhane, R., D. Motiramani, Y. Bali & R. Donahue. 1979. Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales. México.
- Thompson, K & J. P. Grime. 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. Journal of Ecology, 67: 893-921.
- Topp, G. C. 1993. Soil water content. In: soil sampling and methods of analysis. M. R. Carter (Ed.) Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers. Pp: 541-557.
- Vargas, O. & Grupo de restauración ecológica (eds.). 2007. Estrategias para la restauración ecológica del bosque alto andino. Colciencias / Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de Ciencias, departamento de Biología. Bogotá, D. C.
- Vargas, O. & Grupo de restauración ecológica (eds.). 2006. En busca del bosque perdido, una experiencia de restauración ecológica en predios del embalse de Chisáa. Localidad de Usme, Bogotá, D. C. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Básicas Departamento de Biología. Editorial Gente nueva. Bogotá, D. C.
- Vázquez, C., A. Orozco, M. Rojas, M. Esther, & V. Cervantes. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemas. Fondo de cultura económica. México, D. F.
- Villareal, H., M. Alvarez, S. Cordoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gats, H. Mendoza, M. Ospina & A. M. Umayá. 2004. Manual para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa inventarios de biodiversidad. Instituto de investigaciones de recursos biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C.
- Zuluaga, J. & C. J. Escobar. 2001a. Experiencias agroforestales de corpoica en el CI Macagual y en las fincas de productores con especies de uso múltiple en el piedemonte colombiano. En: S. Rojas. (ed.). Especies promisorias de la Amazonía. Conservación, manejo y utilización del germoplasma. Bogotá, D. C. pp: 235-251.
- Zuluaga, J. & C. J. Escobar. 2001b. Efecto del manejo agroforestal en el desarrollo y producto del caucho (*Hevea brasiliensis* Muell) en dos áreas del piedemonte del Caquetá. Boletín divulgativo N° 2. Centro de Investigaciones

ANEXO 1. Distribución vertical del banco de semillas de la Estación de Monitoreo de Biodiversidad del Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual.

Distribución vertical (cm)	Familia	Especie	Total
Hojarasca	Burseraceae	Burseraceae sp 1	2
Hojarasca	Fabaceae	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	4
Hojarasca	Lauraceae	<i>Licaria</i> sp	1
Hojarasca	Menispermaceae	Menispermaceae sp 1	7
Hojarasca	Monimiaceae	Monimiaceae sp 1	2
Hojarasca	Melastomataceae	<i>Henrictella cf sylvestris</i> Gleason	76
0 – 5	Melastomataceae	<i>Henrictella cf sylvestris</i> Gleason	805
0 – 5	Desconocida	Morfosp 12	36
5 – 10	Fabaceae	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook	1
5 – 10	Melastomataceae	<i>Henrictella cf sylvestris</i> Gleason	200
5 – 10	Desconocida	Morfosp 10	1
5 – 10	Desconocida	Morfosp 11	1
10 - 15	Melastomataceae	<i>Henrictella cf sylvestris</i> Gleason	12

ANEXO 2. Semillas encontradas en la lluvia de semillas de la Estación de Monitoreo de Biodiversidad del Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual. BI: bosque intervenido, BR: bosque ripario, R: rastrojo, BB: borde de bosque, y AG: arreglo agroforestal.

Familia	Especie	BI	BR	RT	BB	AG	Total
Annonaceae	<i>Bocageopsis multiflora</i> (Mart.)	0	50	0	0	0	50
Arecaceae	<i>Bactris</i> sp	1	2	0	0	0	3
Arecaceae	<i>Geonoma</i> sp	3	7	1	1	0	12
Clusiaceae	<i>Unonopsis</i> sp	140	0	0	0	0	140
Clusiaceae	<i>Vismia baccifera</i> (L.). Triana & Planch	0	0	0	80	0	80
Fabaceae	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	13	0	0	0	0	13
Fabaceae	Fabaceae sp	0	1	0	0	0	1
Fabaceae	<i>Cratylia argentea</i> (Desvaux) O. Kuntze	0	0	0	0	17	17
Fabaceae	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook	3	0	0	0	0	3
Fabaceae	<i>Bauhinia</i> sp1	0	1	0	0	0	1
Fabaceae	<i>Bauhinia</i> sp2	0	1	0	0	0	1
Fabaceae	<i>Inga</i> sp1	2	0	0	1	6	9
Fabaceae	<i>Inga</i> sp2	0	2	0	0	0	2
Fabaceae	<i>Zigya</i> sp	0	2	0	0	0	2
Lauraceae	<i>Licaria</i> sp	5	0	0	0	0	5
Lauraceae	<i>Ocotea immersa</i> Van der	1	5	25	144	1	176
Lorantaceae	<i>Phoradendron</i> sp	0	0	0	10	2	12
Mendocaceae	<i>Mendocia hoffmannseguiana</i> Nees	2	0	0	2	1	5
Malpighiaceae	<i>Mascania</i> sp	5	0	0	0	0	5
Melastomataceae	<i>Bellucia grossularioides</i> (L.). Triana	0	1	11	4	7	23
Melastomataceae	<i>Henriettella cf sylvestris</i> Gleason	0	0	210	1488	213	1911
Monimiaceae	Monimiaceae sp	0	0	0	4	0	4
Monimiaceae	<i>Ciparuna</i> sp	3	0	6	0	0	9
Moraceae	Moraceae sp	0	0	0	280	0	280
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	0	0	0	0	80	80
Olacaceae	<i>Minquartia guianensis</i> Aubl.	0	0	1	2	0	3
Passifloraceae	<i>Passiflora cf suberosa</i> L.	0	0	38	0	0	38
Rubiaceae	Rubiaceae sp 1	0	0	0	6	0	6
Rubiaceae	Rubiaceae sp 2	0	1	0	0	0	1
Rubiaceae	<i>Palicourea lasiantha</i> K. Krause	22	0	134	18	0	174
Solanaceae	<i>Solanum grandifolium</i> Ruiz & Pav.	0	0	0	0	302	302
Violaceae	Violaceae sp 1	1	0	0	0	0	1
Desconocida	Morfosp 1	0	0	13	0	0	13
Desconocida	Morfosp 2	0	0	1	0	0	1
Desconocida	Morfosp 3	0	1	0	0	0	1
Desconocida	Morfosp 4	0	10	0	0	0	10
Desconocida	Morfosp 5	0	7	0	0	0	7
Desconocida	Morfosp 6	0	1	0	0	0	1
Desconocida	Morfosp 7	0	2	0	0	0	2
Desconocida	Morfosp 8	1	2	5	1	0	9